

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-80815

⑪ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)4月24日

H 01 L 21/20
21/263

7739-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 線状エネルギービーム照射装置

⑮ 特 願 昭59-202844

⑯ 出 願 昭59(1984)9月27日

⑰ 発 明 者 碓 井 節 夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

⑱ 出 願 人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号

⑲ 代 理 人 弁理士 伊 藤 貞 外1名

明 細 書

発明の名称 線状エネルギービーム照射装置
特許請求の範囲

被処理体が配置される回転台と、該回転台の半径方向に配設された線状エネルギービーム源とを有し、該線状エネルギービーム源からの線状エネルギービームを上記被処理体に照射する線状エネルギービーム照射装置において、上記線状エネルギービームによる上記被処理体上の照射線を、上記回転台の回転に伴って、上記回転台の半径方向上の一点を中心として上記回転台の回転角と等量回転させる照射線回転手段と、上記線状エネルギービーム源を上記回転台の半径方向に移動させるビーム源移動手段と、複数の方形開口を渦巻状に配設した照射領域規制手段とを設け、上記照射線によって形成される1対の円弧と1対の平行線とによって囲まれた上記線状エネルギービームの照射領域を上記照射領域規制手段によって規制するようにしたことを特徴とする線状エネルギービーム照射装置。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、例えば絶縁基板上的の多結晶シリコン膜を再結晶化して単結晶シリコン膜を形成する装置に適用して好適な、線状エネルギービームを被処理体に照射する装置に関する。

(従来の技術)

LSIに代表されるシリコン半導体装置に対する高密度化、高性能化の要求に応じて、絶縁基板上にシリコンの結晶膜を形成するいわゆるSOI (Silicon on Insulator) 技術が開発されている。これは、石英基板又はシリコン結晶の基板(ウェーハ)上に絶縁層としての酸化膜を形成したものの上に多結晶シリコン膜を被着し、この多結晶シリコン膜を例えば線状電子ビームの照射によって短時間、局所的に融解し、それを冷却することにより再結晶化して、シリコン単結晶膜を形成するものである。

まず、第5図乃至第7図を参照しながら、従来の線状エネルギービーム照射装置としての、絶縁

基板上の多結晶シリコン膜を再結晶化して、単結晶シリコン膜を形成する装置の構成例について説明する。第5図及び第6図において、②はターンテーブルで、多結晶シリコン膜を被着した複数のウェーハ①が、このターンテーブル②上に、その適宜配設された複数の開口(2a)を覆うように配置される。ターンテーブル②は回転軸③を介してモータ④によって回転せしめられる。⑥は線状電子ビーム⑤を発生する電子ビーム源で、これが各ウェーハ①に逐次対向するように配設され、ビーム源⑥を制御する制御電線⑦にはモータ④に直結されたエンコーダ⑧から回転位置情報信号が供給される。このエンコーダ⑧とモータ④との間に公知の回転制御回路⑨が接続される。

ウェーハ①、ターンテーブル②及びビーム源⑥は全体として真空容器⑩に收容され、真空容器⑩にはターンテーブル②の各開口(2a)に対向して石英ガラス製の窓(11)が適宜の枚だけ設けられ、窓(11)の外側にウェーハ①を予熱するための赤外線灯(12)が配設される。真空容器⑩の排気筒

(13)は図示を省略した真空ポンプに接続されている。なお、赤外線灯(12)は電子ビーム源⑥と対向しないように配設される。

従来の線状ビーム照射装置の動作は次のとおりである。

ターンテーブル②の開口(2a)上のウェーハ①は窓(11)を通して赤外線灯(12)によって予熱される。ウェーハ①が所定温度に達すると、赤外線灯(12)が消勢され、ターンテーブル②はモータ④によって駆動されて、例えば500～1000rpm程度で回転する。ターンテーブル②が所定速度に達すると、制御電線⑦が、エンコーダ⑧から供給された回転位置情報信号にタイミグ制御されて、第7図に示すようにターンテーブル②が角度 2θ だけ回転する期間、線状電子ビーム源⑥から電子ビーム⑤が発射される。かくして、第7図に示すように、ウェーハ①上に(1p)、(1q)、(1r)で代表されるSOIパターンは(5a)、(5b)、(5c)で代表される刻々の電子ビーム⑤による照射線に走査されて、多結晶シリコン膜の融解が行

われ、その後の冷却により再結晶化が行われて、単結晶シリコン膜が形成される。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、このような従来の線状ビーム照射装置にあっては、線状ビーム⑤の上手方向がターンテーブル②の動径方向にあるため、第7図に示すように、照射線(5a)～(5c)はウェーハ①上で放射状に配列され、ターンテーブル②の回転軸③からの距離によって電子ビーム⑤の照射エネルギー密度が異なり、ウェーハ①全体を均一に処理し得ないという欠点があった。また、照射線(5a)～(5c)の上手方向がウェーハ①上のパターン(1p)～(1r)の配列方向と必ずしも一致せず、場所によって再結晶化の処理条件が微妙に異なり、再現性が良くないという欠点があった。

更に、ビーム照射期間が充分長く、照射線(5a)～(5c)がウェーハ①の一端から他端まで走査することができる場合でも、ビーム⑤の長さによって処理可能なウェーハ①の寸法が制限され、浅の大きなウェーハを処理することができないという

欠点があった。

この欠点を解消するために、ターンテーブルの半径方向にウェーハを移動させることが考えられるが、ウェーハをターンテーブル上で移動させるためには、複雑な機構が必要になるという問題が生ずる。

また、処理の効率を向上させるためにウェーハ1枚当たりのビーム照射回数を可及的に少なくしなければならないという問題が生ずる。

(問題点を解決するための手段)

本発明は、被処理体①が配置される回転台②と、この回転台②の半径方向に配設された線状エネルギービーム源⑥とを有し、この線状エネルギービーム源⑥からの線状エネルギービームを被処理体①に照射する線状エネルギービーム照射装置において、線状エネルギービームによる被処理体①上の照射線を、回転台②の回転に伴って、回転台②の半径方向上の一点を中心として回転台②の回転角と等量回転させる照射線回転手段(71)と、線状エネルギービーム源⑥を回転台②の半径方向に

移動させるビーム源移動手段（90）と、複数の方形開口（21a）～（21d）を偏斜的に配設した照射領域規制手段（20）を設け、照射線によって形成される1対の円弧と1対の平行線とによって囲まれた楕状エネルギービームの照射領域を照射領域規制手段（20）によって規制するようにしたものである。

〔作用〕

かかる本発明によれば、線状エネルギービーム
源は照射線回転手段(71)によって回転台(2)と
同期して回転し、更に、ビーム移動助手段(90)
によってビームの長手方向に移動する。このビー
ム源(6)の移動に対応して、照射領域規制手段(20)
を適宜回動させることによって、各方形開口(21a)
~(21d)による照射規制領域(21a)~(21d)
が被照射体(1)上で連続する。

(實施例)

以下、第1図～第4図を参照しながら、本発明による線状エネルギービーム照射装置の一実施例について説明する。第1図及び第2図において第

5 図及び第 5 図に対応する部分には同一の符号を付して重複説明を省略する。

第1図及び第2図において、(20)はモリブデンのような高融点金属製のビームマスクであって、ターンテーブル図の上方にこれと同軸に配設され、そのターンテーブル図側の面にはカーボンシート等が被着される。ビームマスク(20)には複数の方形の2組の窓(21)〔(21a)～(21d)〕、

(21) によって代没される。

(23) はマスク (20) を昇降及び回転させる昇降回転機構であって、ターンテーブル図の回転軸(1)の下端にこれと一体に取付けられ、回転軸(1)内に配設された連結棒 (24) を介してビームマスク (20) に連結される。昇降回転機構 (23) はマスク (20) を所定精度で回転させるためのモータ (25) を有し、このモータ (25) はクラッチ (26) によって連結棒 (24) と結合される。また、昇降回転機構 (23) にはエンコーダ(8)が取付けられる。回転軸(1)の下部には歯車 (31) が取付けられ、これとかみ合う歯車 (32) がモータ(4)に取付けられる。ターンテーブル図とマスク (21) とは両歯車 (31) 、(32) を介してモータ(4)によって駆動されて一体に回転する。

(70) 及び (71) は腕部材及びこれを駆動するモータであって、腕部材 (70) の回転軸 (72) は真空容器 (14) を貫通し、誘電 (76), (77) を介してモータ (71) に結合される。1 対の電子ビーム源 (61), (62) の焦点 (61b), (62b) は、

(6a) が腕部材 (70) の案内突条 (78) , (79) に摺動自在に係合される。このとき、両ビーム源 (6₁) , (6₂) の各ビームの照射方向が腕部材 (70) の長手方向と一致するように取付けられる。回転軸 (72) の下端には、後述のビーム源移動機構 (90) を介して、エンコーダ (73) が取付けられる。(74) は比較回路であって、エンコーダ側からターンテーブル(2)の基準回転位置情報信号が供給されると共に、エンコーダ (73) から電子ビーム源(10)の回転位置情報信号が供給される。比較回路 (74) の出力は駆動増幅器 (75) を介してモータ (71) に供給される。

(90) はビーム源移動機構であって、腕部材 (70) の回転軸 (72) の他端にこれと一体に取付けられる。ビーム源移動機構 (90) のモータ (91) はクラッチ (92) を介して回転軸 (72) 内に配設された駆動軸 (93) に結合される。(94), (95) は移動用のネジであって、それぞれ電子ビーム源 (61), (62) の基台 (61b), (62b) に螺合する。駆動軸 (93) の一端には駆動歯車 (96)

が取付けられ、これと噛み合う移動歯車(97)、(98)が移動ネジ(94)、(95)にそれぞれ取付けられる。こうして、両ビーム源(61)、(62)は腕部材(70)の回転軸(72)に関して対称に配設されると共に、回転軸(72)に関して対称に移動するようになされる。

本実施例の動作は次のとおりである。

まず、電子ビームが2枚のウェーハ(11)、(12)のそれぞれ同じ位置、例えばターンテーブル(2)の中心から2番目に遠い、第2の分割領域を照射するように、移動用モータ(91)をクラッチ(92)乃至歯車(97)、(98)を介して移動ネジ(94)、(95)に結合し、電子ビーム(61)をウェーハ(11)の第2分割領域に対向させるように移動する。同時に、マスク昇降回転機構(23)を動作させて、マスク(20)の上昇後、モータ(25)を適宜回転させて、マスク(20)の窓から2番目の窓(21b)をウェーハ(11)の第2分割領域に対向させ、マスク昇降回転機構(23)によってマスク(20)を下降復旧させると、

に、モータ(71)に駆動されて、電子ビーム源(61)はその回転中心C₆₀を中心として同じく反時計方向にターンテーブル(2)と同一速度で回転し、第3図において、領域(6b)で示される位置を経て、領域(6c)で示される位置まで移動する。領域(6c)の長手方向(83c)はウェーハ(11)の中心(81c)とターンテーブル(2)の中心(2c)とを結ぶ直線(82c)に平行になる。

上述のように、ターンテーブル(2)と同期して回転する電子ビーム源(61) (6a)～(6c)から刻刻発射される線状電子ビーム(5)による照射線(5d)、(5e)、(5f)は、第4図に示すように、ウェーハ(11)上においてその中心を通るターンテーブル(2)の動径と平行になるので、ウェーハ(11)上の照射線密度が均一になる。

ところで、ビームマスク(20)がない場合は、電子ビームの照射領域は、照射開始端(5d)から照射終了端(5f)まで、刻々の照射線の集合であって、ビームの長手方向の端縁の強度むらの部分を除去したものは第4図に示されるように広幅域

マスク(20)はウェーハ(11)、(12)を均等に押圧してそれぞれをターンテーブル(2)に固定させ、ウェーハ(11)、(12)が確実に保持された状態でマスク(20)がクランプされる。

クラッチ(26)、(92)を切離し、従来と同様に、ターンテーブル(2)の円形開口(2a)を通して赤外線灯(12)によってウェーハ(11)が予熱されてから、ターンテーブル(2)を回転させる。回転制御回路(9)に制御されてターンテーブル(2)が定速回転状態に達し、電子ビーム源(61)から線状電子ビーム(5)の発射が開始される時点において、1枚目のウェーハ(11)は第3図において円(1a)で示される位置にある。このとき、線状電子ビーム源(61)の長手方向(83a)はウェーハ(11)の中心(81a)とターンテーブル(2)の中心(2c)を結ぶ直線(82a)に平行になっている。

線状電子ビームの発射期間中、ターンテーブル(2)が反時計方向に角度 2θ だけ回転しているので、ウェーハ(11)は、円(1b)で示される位置を経て、円(1c)で示される位置まで移動する。この期間

状となり、その上縁(84)及び下縁(85)は共に、ターンテーブル(2)の中心(2c)と電子ビーム源(61)の回転中心C₆₀との距離Rと等しい曲率半径を有する。

しかし、上述の照射領域がビームマスク(20)によって規制された照射規制領域はウェーハ(11)上のマスク(20)の窓(21)の投影(21p)と等しい。第4図に示すように、投影(21p)の長辺が縁(84)及び(85)と交わらないように、窓(21)の形が設定される。こうして、窓(21)によって、線状ビーム(5)の照射の立上り時及び立下り時、並びに長手方向の両端縁の強度むらの部分が除去され、照射規制領域内の照射エネルギー密度は均一になる。

1枚目のウェーハ(11)の第2分割領域の照射が終わっても、ターンテーブル(2)は引き続き定速回転して、2枚目のウェーハ(12)が、ビームマスク(20)の窓(22b)と共に、電子ビーム源(61)の下に差し掛かる。このとき、腕部材(70)もターンテーブル(2)と同じく180°回転して、電子ビ

ーム源(6₁)が第3図において領域(6a)で示した位置を占めていなければならない。線状ビームはその長手方向に方向性に有しないので、本実施例の場合、電子ビーム偏向を取付けた駆動材(70)を連続回転させることができ、その回転制御が頗る簡単になる。この場合、電子ビーム偏向への給電はスリップリングを介して行なわれる。

なお、モータ(71)並びに(4)の回転制御にマイクロコンピュータを用いることもできる。

両ウェーハ(1₁),(1₂)に対する1回目の電子ビーム照射が終ると、ターンテーブル4の回転を止めることなく、再びマスク昇降機構(23)によってマスク(20)を上昇させ、クラッチ(26)を係合して、モータ(25)を適宜回転させ、マスク(20)の窓(21b)の隣りの窓(21a)がウェーハ(1₁)の第1分割領域に対向するように、マスク(20)を時計方向に45°回転させる。同時に、ビーム源移動機構(90)のクラッチ(92)を係合し、モータ(91)を適宜回転させ、移動ネジ(94),(95)を駆動して、両ビーム源(6₁),

(6₂)を駆動材(70)の回転軸(72)に近付く方向に、回転軸(72)に関して対称に移動する。2回目のビーム照射制御領域(第4図において領域(225))で示される領域(1)を1回目のそれに隣接させるため、移動距離はビームマスク(20)の窓(21)の幅 Δ に等しく設定される。以下、上述と同様のサイクルで、電子ビーム照射を繰返して、ウェーハ全面を一樣に処理することができる。

ところで、被処理ウェーハ上の広幅線状照射領域の上縁及び下縁の曲率半径は、前述のように、ターンテーブル及び電子ビーム源のそれぞれの回転中心間の距離Rに等しい。1回のビーム照射期間中のターンテーブル及びビーム源の回転角 2θ が一定であるとき、照射領域の幅の長さは回転中心間の距離Rが大きいく程長くなり、照射領域が大きくなって、ウェーハ1枚当りの照射回数を少なくすることができる。

また、ターンテーブル及び電子ビーム源の回転中心間の距離が大きくなる程、ウェーハ上の照射領域の形状は長方形に近くなって、ビームマスク

によって遮蔽される部分を減少させることができる。

上述の実施例では1対の電子ビーム源(6₁),(6₂)を用いたが、駆動材(70)の一端のみに電子ビーム偏向を取付けると共に、他端に適宜のバランスを取付け、駆動モータ(71)として、例えばステップモータのような立上り特性の優れたものを使用し、電子ビーム休止期間に電子ビーム偏向を時計方向に回転させるようにしてもよい。このような往復運動においても所要等速運動を行なわせるために、所要等速期間の前後に立上り期間、立下り期間を設けることが好ましい。

なお、この場合マスク(20)には1組の窓(21a)~(21d)を例えば90°の角間隔で渦巻状に配設すればよい。

以上、本発明を電子ビームによるシリコンウェーハ処理に適用した場合について説明したが、本発明は上述の実施例に限定されるものではなく、線状ビームとしてはレーザー光、X線、熱線、イオンビーム等を用いることができ、被処理体も半

導体のみならず、絶縁体及び金属に適用することができる。

(発明の効果)

以上詳述のように、本発明によれば、線状エネルギービーム源を被処理体が設置された回転台の回転角と等速回転させると共に、ビーム源を回転台の半径方向に移動させ、このビーム源の移動に対応して、複数の方形開口を渦巻状に配設した照射領域規制手段を適宜回転させることによって被処理体上の広幅照射領域を規制するようにしたので、被処理体上で各方形開口による照射規制領域を連続させることができ、簡単なビーム源移動機構を用いながら、少ない照射回数で大口被処理体の全面を一樣に照射処理することができる。

図面の簡単な説明

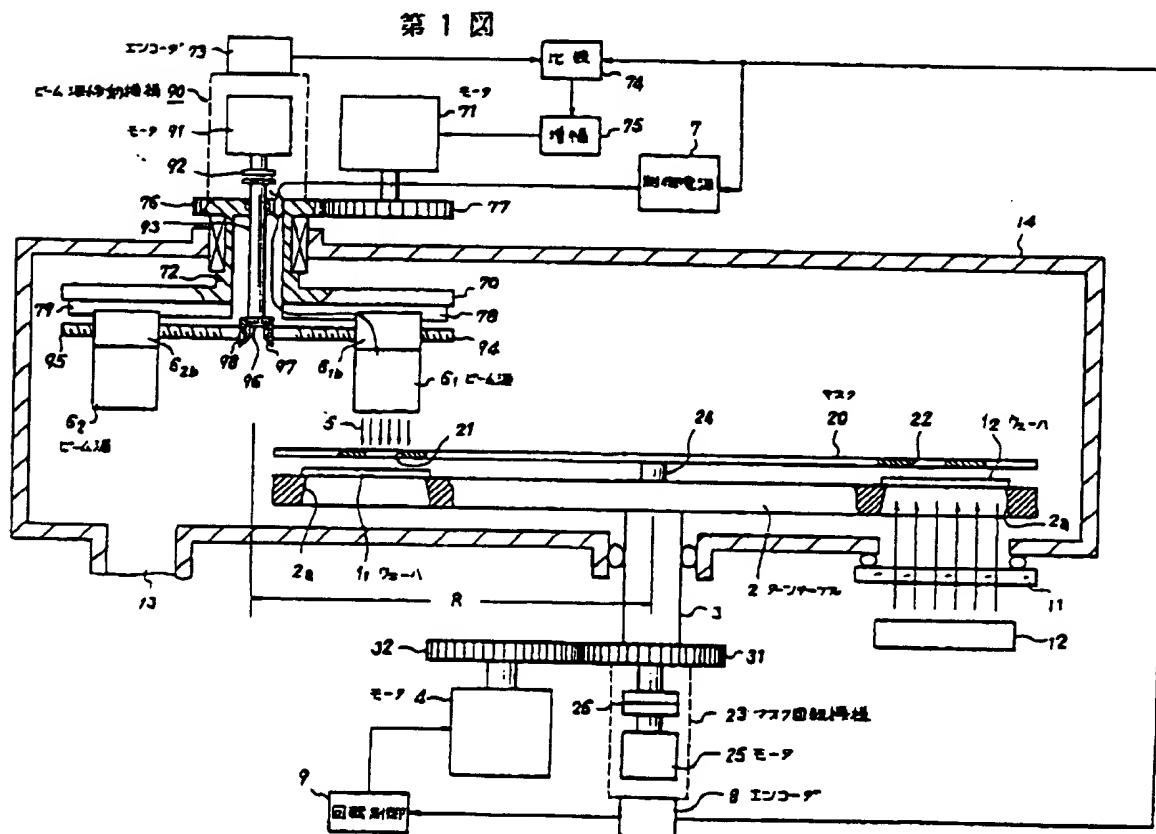
第1図及び第2図は本発明による線状エネルギービーム照射装置の一実施例を示す平面図及びブロック図、第3図及び第4図は本発明の説明に供する略図、第5図及び第6図は従来の線状エネルギービーム照射装置の一例を示す平面図及びブ

コック図、第7図は従来装置の説明に供する 概図である。

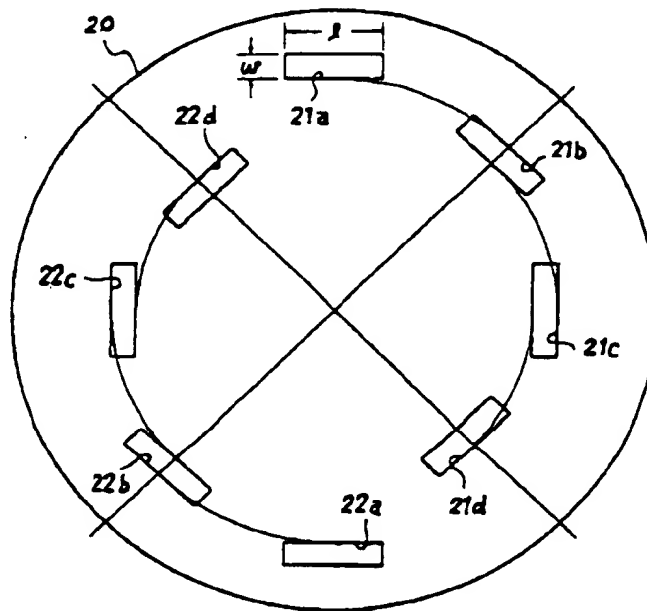
図はクーラテーブル、(6)、(6₁)、(6₂)は線状エネルギービーム源、(20)はビームマスク、(23)はマスク昇降回転機構、(51)は移動用モータ、(71)はビーム源回転用モータ、(90)はビーム源移動機構である。

代理人 伊藤 貞

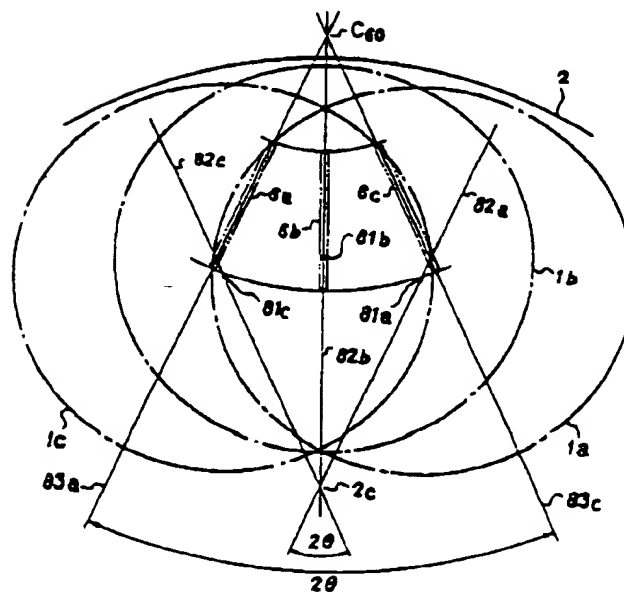
岡 松 隆 秀 盛

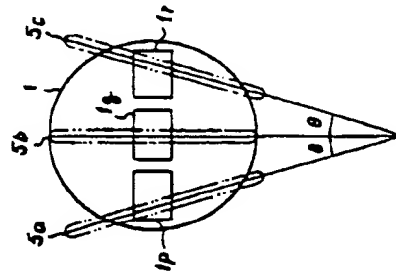


第 2 図

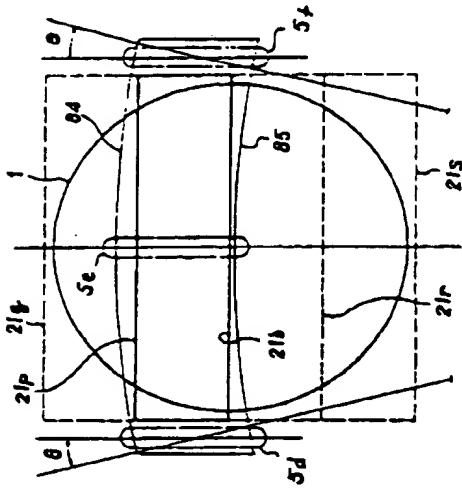


第 3 図

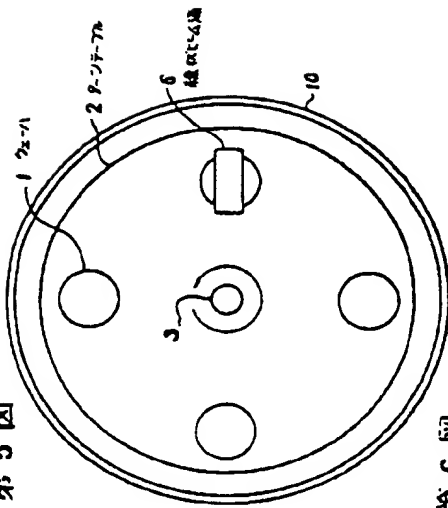




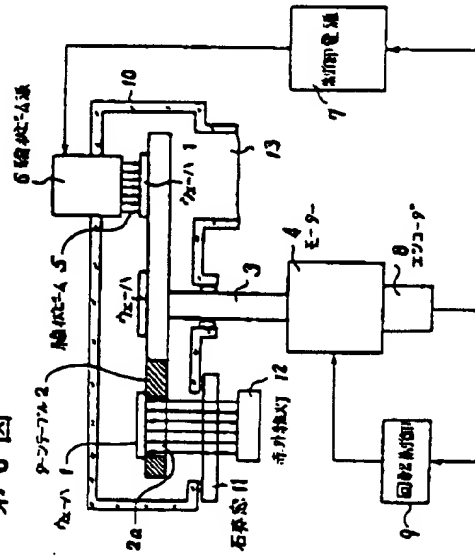
第7図



第4図



第5図



第6図

Japanese Laid-open Patent

Laid-open NO. Sho 61-80815
Laid-open Date. April 24, 1986
Application No. Sho 59-202844
Filing Date. September 27, 1984
Applicant. Sony Corporation
Inventor. Setsuo Usui

SPECIFICATION

Title of the Invention

LINEAR ENERGY BEAM IRRADIATION SYSTEM

Claim

A linear energy beam irradiation system, having a turntable for mounting thereon an object to be processed and a linear energy beam source disposed in a radial direction of said turntable, for irradiating said object to be processed with a linear energy beam from said linear energy beam source, characterized by further comprising an irradiating beam rotation means for rotating, according to rotation of said turntable, an irradiating beam on said object to be processed by said linear energy beam by the same amount as the rotation angle of said turntable about a point in a radial direction of said turntable, a beam source movement means

for moving said linear energy beam source in said radial direction of said turntable, and an irradiated region control means where a plurality of rectangular openings are spirally disposed, an irradiated region with said linear energy beam surrounded by a pair of arcs and a pair of parallel lines formed by said irradiating beam being controlled by said irradiated region control means.

Detailed Description of the Invention

[Industrial Field]

The present invention relates to an irradiation system of a linear energy beam on an object to be processed which is preferred in application to, for example, a system for forming a single crystalline silicon film by recrystallizing a polycrystalline silicon film on an insulating substrate.

[Prior Art]

In response to the demands for higher density and higher performance of a silicon semiconductor device represented by an LSI, so-called SOI (Silicon on Insulator) technique for forming a silicon crystalline thin film on an insulating substrate has been developed. This is a technique for forming a silicon single crystalline film by putting a polycrystalline silicon film on an oxide film as an insulating layer formed on a quartz substrate or a silicon crystalline substrate (a wafer), melting the polycrystalline silicon film locally for a short time by, for example, irradiation

of a linear electron beam, and then cooling it to recrystallize. First, with reference to Figs. 5 to 7, description is made with regard to an example of a structure of, as a conventional linear energy beam irradiation system, a system for forming a single crystalline silicon film by recrystallizing a polycrystalline silicon film on an insulating substrate. In Figs. 5 and 6, a numeral (2) denotes a turntable for mounted thereon a plurality of wafers (1) which have a polycrystalline silicon film put thereon such that the plurality of wafers (1) cover a plurality of appropriately disposed openings (2a) in the turntable (2). The turntable (2) is rotated by a motor (4) through a rotation shaft (3). A numeral (6) denotes an electron beam source for generating a linear electron beam (5), and is disposed so as to face the wafers (1) one by one. A control power source (7) for controlling the beam source (6) is supplied with a rotational position information signal from an encoder (8) directly connected with the motor (4). A known rotation control circuit (9) is connected between the encoder (8) and the motor (4).

The wafers (1), the turntable (2), and the beam source (6) are all contained in a vacuum container (10). An appropriate number of windows (11) made of quartz glass are provided in the vacuum container (10) so as to face the respective openings (2a) in the turntable (2). An infrared ray lamp (12) for preheating the wafers

(1) is disposed outside the windows (11). An exhaust tube (13) of the vacuum container (10) is connected with a vacuum pump which is not shown in the figures. It is to be noted that the infrared ray lamp (12) is disposed so as not to face the electron beam source (6).

Operation of the conventional linear beam irradiation system is as follows.

The wafers (1) on the openings (2a) in the turntable (2) are preheated through the windows (11) by the infrared ray lamp (12). When the wafers (1) reach a predetermined temperature, the infrared ray lamp (12) is deactivated, and the turntable (2) is driven by the motor (4) to rotate at, for example, about 500 - 1000 rpm. When the turntable (2) reaches a predetermined speed, the timing of the control power source (7) is controlled by a rotational position information signal supplied from the encoder (8), and an electron beam (5) is emitted from the linear electron beam source (6) during the period necessary for the turntable (2) to rotate by an angle 2θ as shown in Fig. 7. In this way, as shown in Fig. 7, SOI patterns represented by (1p), (1q), and (1r) on the wafer (1) are scanned every moment by the irradiating beam by the electron beam (5) represented by (5a), (5b), and (5c) to melt the polycrystalline silicon film. After that, cooling is conducted for recrystallization, and a single crystalline silicon film is formed.

[Problems to be Solved by the Invention]

However, with the conventional linear beam irradiation system, since the longitudinal direction of the linear beam (5) is in the direction of the radius vector of the turntable (2), as shown in Fig. 7, the irradiating beams (5a) - (5c) are arranged radially on the wafer (1), and thus, there is a problem that, depending on the distance from the rotation shaft (3) of the turntable (2), the irradiated energy density of the electron beam (5) differs, and the wafer (1) can not be processed uniformly. There is also a problem that the longitudinal direction of the irradiating beams (5a) - (5c) is not necessarily the direction of the arrangement of the patterns (1p) - (1r) on the wafer (1), the processing condition for recrystallization subtly differs depending on the position, and thus, the reproducibility is not satisfactory.

Further, even in case the beam irradiation time is long enough for the irradiating beams (5a) - (5c) to scan from one end to the other of the wafer (1), the length of the beam (5) limits the size of the wafer (1) which can be processed, and thus, a wafer having a large diameter can not be processed.

One way to solve these problems may be that the wafer is moved in a radial direction of the turntable. However, this is problematic in that a complicated mechanism is necessary to move the wafer on the turntable.

Further, there is another problem that, in order to improve the efficiency of the processing, the number of beam irradiations per wafer has to be made as small as possible.

[Means to Solve the Problems]

According to the present invention, a linear energy beam irradiation system, having a turntable (2) for mounting thereon an object (1) to be processed and a linear energy beam source (6) disposed in a radial direction of the turntable (2), for irradiating the object (1) to be processed with a linear energy beam from the linear energy beam source (6) further comprises an irradiating beam rotation means (71) for rotating, according to rotation of the turntable (2), an irradiating beam on the object (1) to be processed by the linear energy beam by the same amount as the rotation angle of the turntable (2) about a point in a radial direction of the turntable (2), a beam source movement means (90) for moving the linear energy beam source (6) in the radial direction of the turntable (2), and an irradiated region control means (20) where a plurality of rectangular openings (21a) - (21d) are spirally disposed, an irradiated region with the linear energy beam surrounded by a pair of arcs and a pair of parallel lines formed by the irradiating beam being controlled by the irradiated region control means (20).

[Action]

According to the present invention, the linear energy beam source

(6) is rotated by the irradiating beam rotation means (71) synchronously with the turntable (2), and further, is moved in the longitudinal direction of the beam by the beam source movement means (90). By appropriately rotating the irradiated region control means (20) according to the movement of the beam source (6), irradiation control regions (21p) - (21s) by the respective rectangular openings (21a) - (21d) are connected on the object (1) to be processed.

[Embodiment]

An embodiment of a linear energy beam irradiation system according to the present invention is described in the following with reference to Figs. 1 - 4. In Figs. 1 and 2, parts corresponding to those in Figs. 5 and 6 are designated by like characters, and the description thereof is omitted to avoid redundancy.

In Figs. 1 and 2, a numeral (20) denotes a beam mask made of metal having a high melting point such as molybdenum. The beam mask (20) is disposed above and coaxially with the turntable (2). A carbon sheet or the like is put on a surface facing the turntable (2) of the beam mask (20). Two sets of a plurality of rectangular windows (21){(21a) - (21d)} and (22){(22a) - (22d)} are disposed at angular intervals of 45° so as to get closer to the center of the mask (20) by their width w in this order. The windows (21) and (22) are set such that the width w multiplied by an integer (four in this

embodiment) equals to or is a little larger than the diameter of the wafer (1). The linear electron beam (5) passing through the windows (21) and (22) divides into a plurality of regions and irradiates the whole surface of two wafers (1) $\{(1_1) \text{ and } (1_2)\}$. Since the two sets of windows (21) and (22) are disposed symmetrically with respect to the center of the turntable (2), in the following, description common to the two sets of windows (21) and (22) will be represented by that with respect to the set of windows (21).

A numeral (23) denotes a lifting and rotating mechanism for lifting and rotating the mask (20). The lifting and rotating mechanism (23) is integrally attached to the lower end of the rotation shaft (3) of the turntable (2), and is coupled with the beam mask (20) through a coupling rod (24) disposed in the rotation shaft (3). The lifting and rotating mechanism (23) has a motor (25) for rotating the mask (20) with required accuracy. The motor (25) is connected with the coupling rod (24) by a clutch (26). Also, the encoder (8) is attached to the lifting and rotating mechanism (23). A gear (31) is attached to the lower portion of the rotation shaft (3), while another gear (32) for engaging with the gear (31) is attached to the motor (4). The turntable (2) and the mask (21) are driven by the motor (4) through the gears (31) and (32) and are rotated integrally.

Numerals (70) and (71) denote an arm member and a motor for driving the arm member, respectively. A rotation shaft (72) of the arm member (70) pierces the vacuum container (14) and is connected with the motor (71) through gears (76) and (77). Bases (6_{1b}) and (6_{2b}) of a pair of electron beam sources (6) {(6₁) and (6₂)} are slidably engaged with guide protruding elongations (78) and (79), respectively, of the arm member (70). Here, the beam sources (6₁) and (6₂) are attached such that their longitudinal direction is the longitudinal direction of the arm member (70). An encoder (73) is attached to the lower end of the rotation shaft (72) through a beam source moving mechanism (90) which will be described in the following. A numeral (74) denotes a comparison circuit. The comparison circuit (74) is supplied with a reference rotational position information signal of the turntable (2) from the encoder (8), and is supplied with a rotational position information signal of the electron beam sources (6) from the encoder (73). Output of the comparison circuit (74) is supplied through a drive amplifier (75) to the motor (71).

The beam source moving mechanism (90) is integrally attached to the other end of the rotation shaft (72) of the arm member (70). A motor (91) of the beam source moving mechanism (90) is connected through a clutch (92) with a drive shaft (93) disposed in the rotation shaft (72). Numerals (94) and (95) are screws for moving, and screw the bases (6_{1b}) and (6_{2b}) of the electron beam sources (6₁)

and (6₂), respectively. A driving gear (96) is attached to one end of the drive shaft (93), while driven gears (97) and (98) engaging with the driving gear (96) are attached to the screws for moving (94) and (95), respectively. In this way, the two beam sources (6₁) and (6₂) are disposed symmetrically with respect to the rotation shaft (72) of the arm member (70) and are disposed so as to be moved symmetrically with respect to the rotation shaft (72).

Operation of the present embodiment is as follows.

First, the motor for moving (91) is connected with the screws for moving (94) and (95) through the clutch (92) and the gears (97) and (98) such that the electron beam irradiates the same position of the two wafers (1₁) and (1₂), for example, the second divided regions which are the second farthest from the center of the turntable (2), and the electron beam (61₁) is driven so as to face the second divided region of the wafer (1₁). At the same time, the mask lifting and rotating mechanism (23) is actuated to lift up the mask (20). After that, the motor (25) is appropriately rotated to make the second window (21b) from the periphery of the mask (20) face the second divided region of the wafer (1₁), and the mask (20) is lifted down to return by the mask lifting and rotating mechanism (23). Then, the mask (20) uniformly presses the wafers (1₁) and (1₂) to fix them onto the turntable (2), and the mask (20) is clamped with the wafers (1₁) and (1₂) being held without fail.

After the clutches (26) and (92) are released and, similarly to a conventional case, the wafers (1) are preheated by the infrared ray lamp (12) through the circular openings (2a) in the turntable (2), the turntable (2) is rotated. When the turntable (2) under the control of the rotation control circuit (9) reaches a constant-speed rotating state and emission of the linear electron beam (5) from the electron beam source (6₁) is started, the first wafer (1₁) is in a position shown by a circle (1a) in Fig. 3. Here, the longitudinal direction (83a) of the linear electron beam source (6₁) is in parallel with a line (82a) connecting the center (81a) of the wafer (1a) and the center (2c) of the turntable (2).

Since the turntable (2) rotates counterclockwise by an angle 2θ during the emission period of the linear electron beam, the wafer (1) moves through a position shown by a circle (1b) to a position shown by a circle (1c). During this period, the electron beam source (6₁) is driven by the motor (71) to rotate similarly clockwise about the rotation center C₆₀ at the same speed as that of the turntable (2), and moves through a position shown by a region (6b) to a position shown by a region (6c). The longitudinal direction (83c) of the region (6c) is in parallel with a line (82c) connecting the center (81c) of the wafer (1c) and the center (2c) of the turntable (2).

As described in the above, since the irradiating beams (5d), (5e), and (5f) by the linear electron beam (5) emitted every moment from

the electron beam sources (6₁) ((6a) - (6c)) which is rotated synchronously with the turntable (2) are, as shown in Fig. 4, in parallel with the radius vector of the turntable (2) through the center on the wafer (1), the density of the irradiating beams on the wafer (1) is made uniform.

By the way, in case there is no beam mask (20), the irradiated region by the electron beams is an aggregate of irradiating beams emitted every moment from the end where the irradiation begins (5d) to the end where the irradiation ends (5f), and, when the part of uneven strength at the edges in the longitudinal direction of the beams is removed, the shape is like an arc having a large width as shown in Fig. 4, with both an upper edge (84) and a lower edge (85) thereof having a radius of curvature equal to the distance R between the center (2c) of the turntable (2) and the rotation center C₀ of the electron beam source (6).

However, the irradiation control region where the above-mentioned irradiated region is controlled by the beam mask (20) equals to the projection (21p) of the window (21) of the mask (20) on the wafer (1). As shown in Fig. 4, the shape of the window (21) is set such that the long side of the projection (21p) does not intersect the arcs (84) and (85). In this way, the window (21) removes the part of uneven strength at the start and end of the irradiation and at the edges in the longitudinal direction of the linear beams

(5), and thus, the irradiated energy density in the irradiation control region is made uniform.

Even after irradiation of the second divided region of the first wafer (1₁) ends, the turntable (2) continues to rotate at the constant speed, and the second wafer (1₂) together with the window (22b) of the beam mask (20) comes below the electron beam source (6). Here, the arm member (70) have to be rotated by 180° in the same way as the turntable (2) to make the electron beam source (6₂) occupy the position shown by the region (6a) in Fig. 3. Since a linear beam does not have a component in its longitudinal direction, in the present embodiment, the arm member (70) to which the electron beam source (6) is attached can be continuously rotated, and the control of the rotation is very simple. In this case, power supply to the electron beam source (6) is conducted through a slip ring. It is to be noted that the rotation of the motors (71) and (4) may be controlled by a microcomputer.

After a first electron beam irradiation with regard to the two wafers (1₁) and (1₂) ends, without stopping the rotation of the turntable (2), the mask lifting and rotating mechanism (23) again lifts up the mask (20). Then, the clutch (26) is engaged to rotate appropriately the motor (25) thereby rotating the mask (20) clockwise by 45° such that the window (21a) next to the window (21b) of the mask (20) faces the first divided region of the wafer (1₁).

At the same time, the clutch (92) of the beam source moving mechanism (90) is engaged to rotate appropriately the motor (91) thereby driving the screws for moving (94) and (95) such that the two beam sources (6₁) and (6₂) are moved toward the rotation shaft (72) of the arm member (72) symmetrically with respect to the rotation shaft (72). In order to make the second irradiation control region (the region shown by a chain line (22S) in Fig. 4 adjoin the first one, the distance of the movement is set to be equal to the width w of the window (21) of the beam mask (20). The electron beam irradiation is repeated in similar cycles as mentioned in the above to process uniformly the whole surface of the wafer.

By the way, as mentioned in the above, the radius of curvature of the upper and lower edges of the arc-like irradiation region having the large width on the wafer to be processed equal to the distance R between the rotation centers of the turntable and of the electron beam source. If the rotation angle 2θ of the turntable and the beam source during the period of one beam rotation is constant, the larger the distance R between the rotation centers is, the larger the length of the arc of the irradiation region becomes and the larger the irradiation region becomes, thereby making it possible to lessen the number of irradiations per wafer.

In addition, the larger the distance between the rotation centers of the turntable and of the electron beam source becomes, the more

the shape of the irradiation region on the wafer resembles a rectangular, thereby making it possible to lessen the portion shielded by the beam mask.

Though the pair of electron beam sources (6_1) and (6_2) are used in the above embodiment, an electron beam source (6) may be attached only to one end of the arm member (70) with an appropriate balancer attached to the other end and with a motor having good starting characteristics such as a step motor used as the drive motor (71) to rotate the electron beam source (6) clockwise during the pause of the electron beam. In order to make such reciprocating rotation also at a constant speed, it is preferable to provide a starting period and an ending period before and after the required period at the constant speed, respectively.

It is to be noted that, in this case, for the mask(20), one pair of windows (21a) - (21d) are disposed spirally at angular intervals of 90° , for example.

The present invention has been described in the above in case it is applied to silicon wafer processing using an electron beam. However, the present invention is not limited to the above embodiment, and, laser light, an X ray, a heat ray, an ion beam, or the like may be used as the linear beam and the present invention may be applied to not only a semiconductor but also an insulator and a metal as the object to be processed.

[Effects of the Invention]

As described in detail in the above, according to the present invention, since an irradiation region having a wide width on an object to be processed is controlled by rotating a linear energy beam source by the same amount as the rotation angle of a turntable with the object to be processed mounted thereon, moving the beam source in the radial direction of the turntable, and rotating appropriately, according to the movement of the beam source, an irradiated region control means where a plurality of rectangular openings are spirally disposed, the irradiation control regions by the respective rectangular openings can be connected on the object to be processed, and, though a simple beam source moving mechanism is used, the whole surface of a large diameter object to be processed can be irradiated uniformly with a small number of irradiations. Brief Description of the Drawings

Figs. 1 and 2 are a plan view and a block diagram, respectively, of an embodiment of a linear energy beam irradiation system according to the present invention. Figs. 3 and 4 are schematic diagrams for illustrating the present invention. Figs. 5 and 6 are a plan view and a block diagram, respectively, of an example of a conventional linear energy beam irradiation system. Fig. 7 is a diagram for illustrating the conventional system.

(2) denotes a turntable, (6), (6₁), and (6₂) denote linear energy

beam sources, (20) denotes a beam mask, (23) denotes a mask lifting and rotating mechanism, (51) denotes a motor for moving, (71) denotes a motor for rotating the beam source, and (90) denotes a beam source moving mechanism.

Attorney: Tadashi Itoh

- ditto- Hidemori Matsukuma

Fig. 1

73 ... encoder
90 ... beam source moving mechanism
91 ... motor
71 ... motor
74 ... comparison
75 ... amplification
7 ... control power source
6₁ ... beam source
6₂ ... beam source
1₁ ... wafer
1₂ ... wafer
2 ... turntable
4 ... motor
9 ... rotation control
23 ... mask rotating mechanism
25 ... motor
8 ... encoder
20... mask

Fig. 6

1 ... wafer
2 ... turntable
4 ... motor
5 ... linear beam
6 ... linear beam source
7 ... control power source
8 ... encoder
9 ... rotation control
11 ... quartz window
12 ... infrared ray lamp